نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و دوم، شماره دوم، ۱۳۹٤
http://jopp.gau.ac.ir

ارزیابی پایداری عملکرد دانه لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان براساس روش امی

بهناز توحیدی[۱]، قاسم محمّدی‌نژاد[۲] و *حسین صبوری[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید باهنر کرمان، [۲]دانشیار اصلاح نباتات، دانشگاه شهید باهنر کرمان، [۳]بابک ناخدا، استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج، [٤]استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/٦/۹

چکیده

سابقه و هدف: اثر متقابل ژنوتیپ در محیط مسئله‌ای مهم در مطالعه صفات کمی می‌باشد زیرا تفسیر آزمایش-های ژنتیکی را دشوار می‌نماید و پیش‌بینی را مشکل می‌سازد، همچنین ثبات عملکرد در مناطق مختلف را کاهش می‌دهد. آزمایش‌های چند منطقه‌ای اغلب جهت ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. روش امی (AMMI) ابرازی قوی در تشخیص الگوهای اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را نشان می‌دهد. این روش آماری به‌طور گسترده جهت توضیح پیچیده اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، افزایش کارآیی انتخاب و حصول اطمینان از پیشرفت ژنتیکی برای انتخاب استفاده می‌شود. هدف این پژوهش، بررسی پاسخ لاین‌ها در مکان‌های مورد مطالعه و شناسایی لاین‌های پایدار به مکان‌های آزمایشی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی پاسخ لاین‌های مختلف گندم نان به شرایط متفاوت محیطی و تعیین پایداری عملکرد دانه، آزمایش‌هایی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار و در پنج مکان با استفاده از ۷٦ لاین اینبرد نوترکیب حاصل از تلاقی ارقام روشن × سوپرهد انجام گرفت. ایستگاه‌های اجرای آزمایش شامل کرمان، جوپار، ماهان، یزد و اردکان بودند. جهت ارزیابی اثر متقابل و شناسایی لاین‌های پایدار، تجزیه و تحلیل پایداری با استفاده از روش امی صورت گرفت.

*مسؤل مکاتبه: saboriho@yahoo.com

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه نشان داد که تفاوت معنی‌داری برای اثرات لاین، مکان و برهمکنش لاین در مکان در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. نتایج حاصل با رسم بای‌پلات AMMI2 نشان داد که لاین‌های ۳، ۳۳، ۲۲، ۹، ۲۷۱، ۳٦، ۳۰۹، ۲۰۰، ۱۱٤، ۱۱، ۲٦٤، ۳۲۰، ۱۹٤، ۲۰، ۲۸۰، ۱، ۲٦، ۲۵۰، ۱۹، ۱۸، ۲۵، ۳۲۲، ۵، ۱۵۲، ۱٦۹، ۱٦۱ و ۳۲ کمترین فاصله را از مرکز بای‌پلات داشتند و با کمترین اثر متقابل به‌عنوان پایدارترین لاین‌ها شناخته شدند بنابراین قابل توصیه برای اکثر مکان‌ها می‌باشند. لاین‌های ۲۵۸، ۲۱۸، ۱۷٦، ٤۸، ۸۲ و ۳۱٤ برای مکان یزد و لاین ۲۲۵ برای مکان اردکان بهترین پاسخ را نشان داده و با این مکان‌ها سازگاری خصوصی داشتند.

نتیجه‌گیری: در مجموع بر اساس نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، در بین لاین‌های مورد ارزیابی، لاین‌های ۳، ۹ و ۲۲ براساس مدل AMMI1، AMMI2 و پارامتر ارزش پایداری امی (ASV) به‌عنوان لاین‌های دارای پایداری عمومی معرفی شدند. از این‌رو لاین‌های امیدبخش شناسایی شده جهت مطالعات تکمیلی برای معرفی به زراعین توصیه می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات، پایداری، تجزیه امی، گندم، لاین‌های اینبرد نوترکیب

مقدمه

مطالعه و ارزیابی میزان پایداری ارقام در شرایط مختلف اقلیمی از جایگاه ویژه‌ای در اصلاح نباتات برخوردار است. در نسل‌های در حال تفرق با تنوع آللی، ژنوتیپ‌ها به‌طور متفاوتی در پاسخ نسبت به محیط‌ها واکنش نشان می‌دهند لذا بررسی پایداری ارقام ضروری می‌باشد. در ژنوتیپ‌های گندم بهره‌برداری از سازگاری مناسب، پایداری عملکرد و اجزای عملکرد می‌تواند شناسایی و توسعه ارقام پر محصول با سازگاری بالا را سبب شود. توسعه ارقام پرمحصول با سازگاری گسترده هدف نهایی اصلاح‌گران گیاه می‌باشد. با این حال، دستیابی به‌این هدف به واسطه وجود اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط پیچیده می‌باشد (۷). اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (E × G) مسئله‌ای مهم در بهبود مواد اصلاحی است، زیرا ثبات عملکرد دانه را در شرایط محیطی مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد (١٤). روش‌های مختلف از جمله روش‌های پارامتری و ناپارامتری جهت تحلیل آماری، به‌منظور برآورد ماهیت متقابل ژنوتیپ با محیط و کنترل آن‌ها ارائه شده است، اما یک روش که توسط همه تأیید شده باشد، هنوز معرفی نشده است (۱۲).

اگرچه روش‌های آماری یک و چند متغیره بسیاری به‌منظور بررسی اثرات و بیان مفهوم اثرات متقابل به‌کار گرفته شده‌اند و فقط از پاسخ فنوتیپی متغیر موردنظر بهره می‌گیرند، ولی روش‌های آماری چند متغیره به سبب توصیف اثر متقابل ژنوتیپ با محیط در مدل‌های چند بعدی نسبت به روش‌های معمول یک متغیره کارآمدتر هستند (۱۵). در بین روش‌های چند متغیره، روش امی (امی)[1] یا روش بررسی آثار اصلی جمع‌پذیر و آثار متقابل ضرب‌پذیر به‌طور گسترده‌ای در برآورد اثر متقابل ژنوتیپ با محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار مورداستفاده قرارگرفته است (۲، ۹ و ۲۰). علت استفاده گسترده از روش امی این است که این مدل بخش بزرگی از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه می‌کند و اثرات اصلی و آثار متقابل را از یکدیگر تفکیک می‌کند (٤). همچنین از نتایج حاصل از این روش برای پایه‌ریزی در برنامه‌های اصلاحی چون سازگاری خصوصی و انتخاب محیط مناسب استفاده می‌شود (۸). روش امی ترکیبی از تحلیل واریانس و تحلیل به مؤلفه‌های اصلی است که می‌توان از آن برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده کرد. کمپتون (١٩٨٤) اولین فردی بود که به‌صورت کاربردی از روش امی برای تحلیل داده‌های حاصل از عملکرد استفاده نمود (۱۳). به‌دلیل این که انتخاب مدل مناسب برای تجزیه و تحلیل اغلب داده‌ها دشوار است، از روش امی برای تشخیص مدل‌های مناسب استفاده می‌شود. در مدل‌های امی همبستگی بین آثار اصلی و مقادیر منفرد برای تشخیص و بکارگیری

1- Additive main effects and multiplicative interaction

مدل‌هایی با ساختار ساده‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۹). روش امی ابزار تحلیلی قوی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در ساختار داده‌ها با ابعاد ماتریسی بزرگ می‌باشد (۱۰). این روش ساختار داده‌ها را به‌وسیله چند بردار یعنی میانگین ژنوتیپ و محیط و نیز ارزش منفرد برای مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل به ابعاد کوچکتر مدل‌سازی می‌کند (٦). با استفاده از مدل امی یک پارامتر پایداری معتبری توسط پورچاز (۱۹۹۷) برای پایداری ژنوتیپ‌ها ارائه شد، که آن را ارزش پایداری امی (ASV)[1] می‌نامند و در آن از دو مؤلفه اول امی برای این روش استفاده می‌گردد (۱۸). روش تحلیل امی در هدایت برنامه‌های اصلاحی مفید بوده و اصلاحگر را در انتخاب محیط‌ها و ژنوتیپ‌ها با سازگاری خصوصی و عمومی کمک می‌نماید (۹). هدف از این پژوهش، بررسی واکنش لاین‌ها در مکان‌های مختلف به‌منظور شناسایی و انتخاب لاین‌های سازگار و پایدار در مکان‌های مورد مطالعه و ارزیابی سازگاری خصوصی به مکان‌های آزمایشی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۷٦ لاین اینبرد نوترکیب گندم، حاصل از تلاقی ارقام روشن و سوپرهد از نظر عملکرد دانه در پنج مکان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. ایستگاه‌های اجرای آزمایش شامل کرمان، جوپار، ماهان، یزد و اردکان بودند. مشخصات جغرافیائی مکان‌های انجام آزمایش در جدول یک نشان داده شده‌اند.

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی مکان‌های مورد مطالعه.

Table 1. Geographical characteristics of studied locations.

مکان Location	سال زراعی Year	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation(M)
کرمان (Kerman)	1390-1391	57.06	30.15	1770
جوپار (Jopar)	1389-1390	57.06	30.03	1865
یزد (Yazd)	1389-1390	55	32	1230
اردکان (Ardakan)	1388-1389	53.59	32.19	1234
ماهان (Mahan)	1389-1390	57.17	30.03	2000

1- AMMI Stability Value

لاین‌ها در این پژوهش در کرت‌هایی به ابعاد ۲×۱ مترمربع در سه خط به طول دو متر کشت شدند که فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۵ سانتی‌متر بود. مراقبت‌های زراعی در طول انجام آزمایش‌ها از جمله آبیاری، کنترل علف‌های هرز انجام شد. پس از برداشت، عملکرد دانه به‌صورت کیلوگرم در واحد آزمایشی (دو مترمربع) توزین گردید و به‌صورت تن در هکتار تبدیل شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، یکنواختی واریانس‌های خطا بررسی شد و سپس با فرض ثابت بودن لاین‌ها و تصادفی بودن اثر مکان‌ها تحلیل واریانس مرکب عملکرد دانه بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت و بعد از معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به‌منظور بررسی پایداری لاین‌ها از نظر عملکرد دانه از روش تحلیل اثرات اصلی و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (روش امی) استفاده شد. مقایسه میانگین لاین‌ها تحت مطالعه به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

روش امی در واقع ترکیبی از مدل تحلیل واریانس و تحلیل به مؤلفه‌های اصلی است و مدل آن به‌صورت زیر می‌باشد:

$$y_{ijk} = \mu + g_i + e_j + \sum \delta_n \zeta_{in} \eta_{jn} + \theta_{ij} + \varepsilon_{ijk} \qquad (۱)$$

در این فرمول Y_{ijk} عملکرد ژنوتیپ i در محیط j و در تکرار k، μ میانگین کل، g_i اثر اصلی ژنوتیپ (اختلاف میانگین ژنوتیپ از میانگین ژنوتیپ‌ها) e_j اثر اصلی محیط (اختلاف میانگین یک محیط از میانگین محیط‌ها)، δ_n مقدار منفرد مربوط به nامین مؤلفه اصلی باقیمانده در مدل که برابر با جذر ریشه مشخصه مربوط به همان مؤلفه اصلی است، N تعداد مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل (I.P.C) در مدل AMMI که برابر است با $N \leq \min(g-1),(e-1)$ ζ_{in} بردار مشخصه برای iامین ژنوتیپ از nامین مؤلفه اصلی اثر متقابل (I.P.C)، η_{jn} بردار مشخصه برای jامین محیط از nامین مؤلفه اصلی اثر متقابل (I.P.C)، θ_{ij} عبارت مربوط به مقدار باقیمانده (نویز) و ε_{ijk} عبارت مربوط به خطاست (۵). پارامتر ارزش پایداری امی به‌منظور ارزیابی و رتبه‌بندی لاین‌ها با توجه به ثبات عملکرد آن‌ها با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (۱۸):

$$ASV = \sqrt{\left[\frac{SSIPCA1}{SSIPCA2}(IPCA1score)\right]^2 + (IPCA2score)^2} \qquad (۲)$$

در رابطه فوق SS_{IPCA1} و SS_{IPCA2} به‌ترتیب مجموعه مربعات اثر متقابل مؤلفه‌های اصلی اول و دوم، $IPCA1$ و $IPCA2$ به‌ترتیب مقدار مؤلفه اصلی اول و دوم اثر متقابل برای هر یک از لاین‌ها می‌باشند. کلیه محاسبات آماری این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS و Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تحلیل واریانس مرکب براساس مکان‌های انجام آزمایش تفاوت معنی‌داری بین مکان‌ها در سطح احتمال یک درصد نشان می‌دهد (جدول ۲). همچنین بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد که نشان‌دهنده اختلاف ژنتیکی بین لاین‌های مورد آزمایش می‌باشد. معنی‌داری اثر متقابل لاین × مکان در سطح یک درصد بدین مفهوم است که میانگین عملکرد لاین‌ها در مکان‌های مختلف متفاوت بوده و این واکنش به‌خاطر تفاوت در خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک، میزان بارندگی، درجه حرارت و به‌طورکلی تفاوت در عوامل غیرقابل کنترل محیط بود. بنابراین با توجه به معنی‌داری اثر متقابل لاین× مکان شرط انجام تجزیه پایداری و بررسی اثر متقابل لاین× مکان برای معرفی لاین‌های پایدار برقرار بود. با توجه به وجود اثر متقابل بین لاین و مکان، تجزیه واریانس معمولی قادر به توجیه پایداری لاین‌ها نمی‌باشد، بنابراین از پارامترهای پایداری مدل امی استفاده گردید تا بتوان لاین‌های پایدار را شناسایی نمود. مقایسه میانگین عملکرد دانه لاین‌ها نیز نشان می‌دهد که لاین ۲۸۰ و لاین ۳۲٦ به‌ترتیب بیش‌ترین و کمترین متوسط عملکرد دانه را در میان لاین‌های مورد ارزیابی نشان می‌دهند (جدول ۳).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد با استفاده از مدل امی در جدول ۲ درج گردیده است. معنی‌دار بودن F مدل بیانگر برازش خوب مدل امی با داده‌ها بود. لاین، مکان و اثر متقابل به ترتیب ۱۵/۵۳، ۲٦/۷۹ و ٤٦/۱۰ درصد از کل مجموع مربعات را توجیه نمودند. اثر متقابل حدوداً ۳ برابر اثر لاین می‌باشد که اهمیت نسبی اثر متقابل را نشان می‌دهد. همچنین سهم اثر متقابل ژنوتیپ در مکان از درجه آزادی کل ۳۷/۵ درصد بود. اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPC_1) بیش‌ترین سهم (۳۱/۷٦ درصد) را در بیان اثر متقابل لاین و مکان توجیه نمود و دو مؤلفه دیگر به ترتیب با ۲٤/۹٤ و ۱۹/۲۱ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل لاین× مکان در درجات بعدی اهمیت قرار داشتند (جدول ۲). در مدل امی نویز ۲۰/٤ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل لاین× مکان را تشکیل داد. بنابراین تجزیه آثار متقابل ژنوتیپ× محیط با این مدل از دقت و اعتبار بیش‌تری نسبت به روش‌های رگرسیونی برخوردار است.

جدول ۲- تحلیل واریانس عملکرد دانه ۷۶ لاین گندم در پنج مکان با استفاده از روش امی.

Table 2. Analysis of variance for grain yield of 76 wheat lines in five locations using AMMI method.

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares
مدل (Model)	379	2.849^{**}
لاین (Line)	75	2.529^{**}
مکان (Location)	4	81.822^{**}
لاین× مکان (Line× Location)	300	1.876^{**}
مؤلفه اصلی اول (IPCA1)	78	2.25^{ns}
مؤلفه اصلی دوم (IPCA2)	76	1.84^{ns}
مؤلفه اصلی سوم (IPCA3)	74	1.46^{ns}
باقیمانده (نویز) Residual (Noise)	72	1.92
خطا (Error)	306	0.158

ns و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

ns and **: Not significant and significant at 1% level of probability, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه لاین‌ها مورد مطالعه در مکان‌های مختلف.

Table 3. Mean comparison for grain yield of studied wheat lines in different places.

لاین Line	میانگین Mean	لاین Line	میانگین Mean	لاین Lines	میانگین Mean	لاین Line	میانگین Mean	لاین Line	میانگین Mean	لاین Line	میانگین Mean
280	5.41^{a}	234	4.34^{c-h}	321	3.94^{g-p}	67	3.58^{n-z}	200	3.35^{s-a1}	326	2.35^{c1}
152	5.40^{a}	33	4.33^{d-h}	169	3.89^{h-q}	206	3.53^{o-z}	3	3.32^{t-a1}		
114	5.25^{a}	294	4.31^{d-i}	258	3.89^{h-q}	220	3.48^{p-z}	320	3.32^{t-a1}		
11	5.01^{ab}	44	4.23^{d-j}	314	3.85^{i-r}	242	3.47^{p-z}	188	3.32^{t-a1}		
30	4.80^{bc}	143	4.21^{d-k}	202	3.81^{i-r}	119	3.47^{p-z}	46	3.30^{u-a1}		
31	4.79^{bc}	147	4.16^{d-l}	224	3.80^{r-s}	36	3.45^{q-z}	240	3.28^{v-a1}		
92	4.61^{bcd}	225	4.16^{d-l}	58	3.78^{r-u}	309	3.44^{q-z}	18	3.26^{w-a1}		
110	4.58^{bcd}	19	4.14^{d-m}	48	3.77^{j-v}	9	3.42^{q-a1}	161	3.23^{w-a1}		
117	4.56^{cd}	118	4.06^{e-n}	25	3.75^{k-v}	247	3.4^{r-a1}	248	3.17^{x-a1}		
166	4.52^{cde}	181	4.06^{e-n}	171	3.71^{t-w}	32	3.39^{r-a1}	26	3.13^{y-a1}		
218	4.46^{c-f}	323	4.06^{e-n}	5	3.69^{l-w}	296	3.38^{r-a1}	271	3.11^{z-a1}		
60	4.40^{c-g}	1	4.05^{f-n}	22	3.67^{m-w}	291	3.37^{s-a1}	54	2.96^{a1b1}		
194	4.37^{c-g}	216	4.04^{f-n}	370	3.62^{n-x}	264	3.36^{s-a1}	330	2.65^{b1c1}		
20	4.35^{c-h}	251	3.99^{f-o}	261	3.61^{n-y}	250	3.35^{s-a1}	47	2.56^{b1c1}		
176	4.34^{c-h}	82	3.98^{g-o}	322	3.60^{n-y}	205	3.35^{s-a1}	34	2.52^{c1}		

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means followed by common letters are not significantly different.

جدول ٤ مقادیر مؤلفه‌های اصلی و پارامتر ارزش پایداری امی را برای لاین‌ها و مکان‌ها نشان می‌دهد. به‌منظور بررسی پایداری لاین‌ها، ارزیابی تغییرات مکان‌ها و همچنین ارتباط دادن لاین‌های پایدار به مکان‌های مختلف از نمودار بای پلات استفاده شد (شکل ۱). خط افقی میانه این نمودار از میانگین کل آزمایش می‌گذرد. لاین‌ها و مکان‌های بالای این خط دارای عملکرد بالاتر از میانگین کل می‌باشند. لاین‌ها و مکان‌های در روی خط افقی از نظر آثار اصلی جمع‌پذیر (میانگین عملکرد) واکنش مشابه دارند. محور عمودی در میانه نمودار نشان‌دهنده $IPC_1= 0$ است که ناحیه فقدان اثر متقابل را نشان می‌دهد. لاین‌ها و مکان‌های موجود بر روی خط عمودی دارای واکنش مشابهی از نظر اثر متقابل هستند. لاین‌ها و مکان‌هایی که اثر متقابل بالایی را نشان می‌دهند، دارای مقادیر بزرگ (مثبت یا منفی) برای اولین مؤلفه می‌باشند.

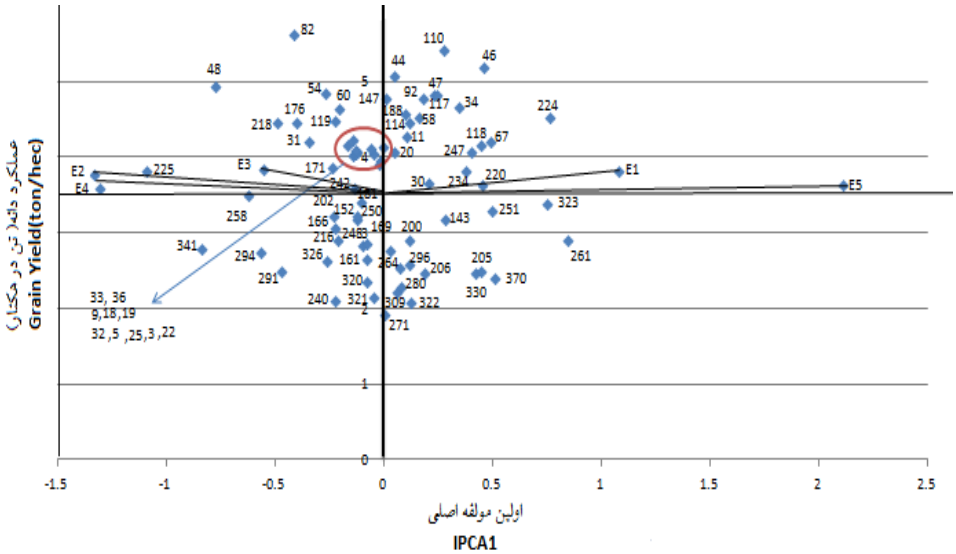
در حالی‌که لاین‌ها و مکان‌های واجد مقادیر نزدیک به صفر برای اولین مؤلفه اصلی، دارای اثر متقابل پایین هستند. بنابراین لاین‌های ۱٤۷، ۲۷۱، ۳۳، ۳٦، ۹، ۱۹٤، ۱٦۱، ۲۸۰، ۲۲، ۲٦٤، ۳۲۱، ۳۲۰، ۳۰۹، ۳، ۱۸۸، ٤٤ با داشتن کم‌ترین میزان اثر متقابل پایدارترین لاین‌ها شناخته شدند. علاوه‌بر پایداری، عملکرد نیز در گزینش لاین‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است در نتیجه از بین این لاین‌ها، لاین ۳٦ با IPC نزدیک به صفر و عملکرد بالاتر از میانگین به‌عنوان پایدارترین لاین پرمحصول شناسایی شد. لاین‌های ۳۳، ۹ و ۱٤۷ براساس IPC_1 دارای واکنش پایداری مشابهی بودند که با توجه به عملکرد بالاتر لاین ۱٤۷ در رتبه دوم لاین‌های پایدار و پرمحصول جای گرفت. بر این مبنا لاین‌های ۳۲۳، ۲٦۱ و ۲۲٤ دارای آثار متقابل بزرگ و مثبت، لاین‌های ۲۲۵، ۳۱٤، ۲۵۸ و ٤۸ آثار متقابل منفی و بزرگ می‌باشند که بیانگر پایداری پایین این لاین‌ها می‌باشد (شکل ۱). محیط یزد دارای کمترین مقدار IPC_1 می‌باشد و بنابراین دارای کمترین اثر متقابل می‌باشند. محیط ماهان بیش‌ترین سهم را در ایجاد آثار متقابل مثبت و بزرگ داشت.

آلبرت (۲۰۰٤) مدل امی را ابزار مفیدی در تشخیص اثر متقابل ژنوتیپ× محیط دانست که علاوه بر تعیین پایدارترین ژنوتیپ‌ها، می‌تواند بیانگر سازگاری خصوصی ارقام نیز باشد (۳). به‌نظر می‌رسد بر این مبنا می‌توان لاین ۲۲۵ را واجد سازگاری خصوصی به محیط‌های جوپار و اردکان و لاین‌های ۲۹٤، ۲۵۸، ۲۱۸ و ۲۹۱ دارای سازگاری خصوصی به محیط یزد و همچنین می‌توان لاین‌های ۲۲٤، ۳۲۳ و ۲٦۱ را دارای سازگاری خصوصی به محیط کرمان دانست.

نظربه این‌که مؤلفه اصلی دوم نیز ۲٤/۹٤ درصد از اثر متقابل را توجیه کرد، لذا جهت دستیابی به نتایج مطمئن‌تر از اطلاعات دومین مؤلفه اصلی نیز استفاده گردید. به‌طوری که مشخص است براین مبنا لاین‌های ۳، ۳۱ و ۲۹۱ با دارا بودن IPC_2 نزدیک به صفر جزء لاین‌های پایدار به‌شمار می‌روند اما لاین ۳۱ با عملکرد بالاتر از میانگین پایدارترین لاین تشخیص داده شد.

لاین‌های ٤۷، ٤٤، ۲۹٤ و ۱۸۱ دارای آثار متقابل منفی و بزرگ و لاین‌های ۹۲ و ۱۸۸ دارای آثار متقابل مثبت و بزرگ بودند. براساس IPC_2 محیط‌های ماهان و یزد کم‌ترین سهم را در بیان اثر متقابل ژنوتیپ × محیط داشتند. محیط کرمان بزرگ‌ترین اثر متقابل مثبت و محیط ماهان بزرگ‌ترین اثر متقابل منفی را سبب شد.

در روش ارزش پایداری امی، لاینی پایدار محسوب می‌شود که ارزش پایداری کم‌تری داشته باشد. بر اساس این روش، لاین‌های ۳، ۹، ۲۲ و ۲۷۱ با داشتن کم‌ترین مقادیر این پارامتر (۰/۰٦، ۰/۰۹، ۰/۱ و ۰/۱۱) به‌عنوان پایدارترین لاین‌ها انتخاب شدند و لاین‌های ۲۲۵، ۲٦۱، ۳۱٤ و ٤۸ با دارا بودن بیش‌ترین مقادیر ارزش پایداری امی به‌ترتیب ۱/٤۸، ۱/۰۷، ۱/۰٦ و ۱/۰۱ به‌عنوان ناپایدارترین لاین‌ها شناخته شدند (جدول ٤).



شکل ۱- پراکنش لاین‌ها بر مبنای میانگین عملکرد دانه (تن/ هکتار) و مقادیر IPCA1

Figure 1. Scatter plot of lines based on mean yield (ton/hec) and IPCA1 scores

جدول ٤- مقادیر مؤلفه‌های اصلی و پارامتر ارزش پایداری لاین‌ها و مکان‌های مورد مطالعه در روش امی.

Table 4. principal component scores and AMMI stability value for studied lines and locations in AMMI method.

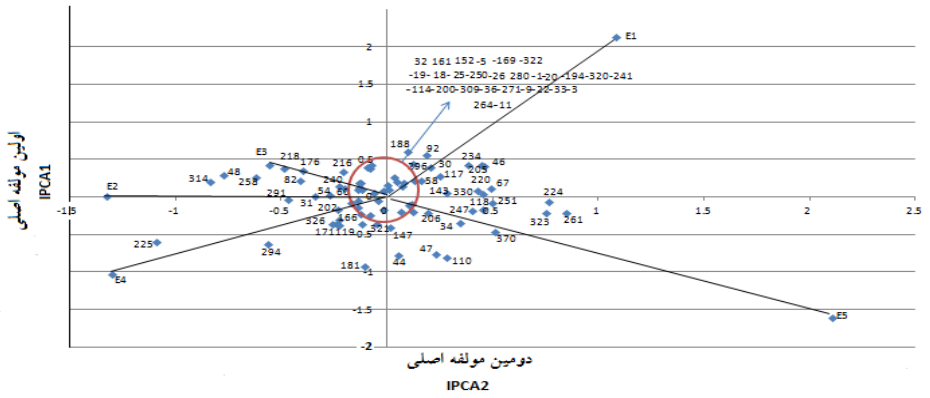
ارزش پایداری امی	مؤلفه اصلی سوم	مؤلفه اصلی دوم	مؤلفه اصلی اول	لاین‌های اینبرد نوترکیب
AMMI Stability Value	IPC3	IPC2	IPC1	Recombinant inbred lines
0.21	-0.23	0.14	-0.12	1
0.16	-0.033	-0.1	0.1	11
0.86	-0.06	-0.78	0.27	110
0.16	0.15	-0.07	0.11	114
0.42	-0.05	0.29	0.24	117
0.58	-0.66	-0.14	0.44	118
0.45	-0.26	-0.35	-0.22	119
0.35	-0.25	0.06	0.28	143
0.39	-0.004	-0.39	0.01	147
0.38	0.37	-0.35	-0.12	152
0.25	-0.22	-0.22	-0.08	161
0.4	0.03	-0.28	-0.22	166
0.44	-0.005	0.43	-0.07	169
0.45	0.34	-0.34	-0.23	171
0.62	0.02	0.36	-0.39	176
0.18	-0.13	-0.03	-0.14	18
0.91	0.11	-0.9	-0.1	181
0.62	0.64	0.61	0.09	188
0.2	-0.04	0.1	-0.13	19
0.27	-0.1	0.26	0.03	194
0.22	-0.35	0.21	0.04	20
0.23	0.22	-0.18	0.12	200
0.32	-0.099	-0.15	-0.23	202
0.7	0.45	0.43	0.44	205
0.3	-0.53	-0.19	0.18	206
0.43	0.32	0.34	-0.21	216
0.72	-0.31	0.39	-0.48	218
0.1	0.14	0.06	-0.06	22
0.56	-0.04	0.05	0.45	220
0.95	0.001	-0.04	0.76	224
1.48	0.31	-0.58	-1.09	225
0.65	-0.15	0.44	0.37	234
0.31	-0.35	0.14	-0.22	240
0.26	0.52	0.2	-0.33	242
0.52	-0.56	-0.16	0.39	247
0.42	0.05	0.4	-0.09	248
0.22	0.07	-0.07	-0.16	25
0.18	-0.77	0.11	-0.11	250
0.62	0.58	-0.06	0.49	251
0.82	0.06	0.27	-0.62	257
0.25	-0.05	0.2	-0.12	26

ادامه جدول ٤- مقادیر مؤلفه‌های اصلی و پارامتر ارزش پایداری لاین‌ها و مکان‌های مورد مطالعه در روش امی.

Table 4.Principal component scores and AMMI stability value for studied lines and locations in AMMI method.

ارزش پایداری امی	مؤلفه اصلی سوم	مؤلفه اصلی دوم	مؤلفه اصلی اول	لاین‌های اینبرد نوترکیب
AMMI Stability Value	IPC3	IPC2	IPC1	Recombinant inbred lines
1.07	-0.18	-0.19	0.84	261
0.17	-0.7	0.15	0.07	264
0.11	-0.09	0.11	0.006	271
0.22	0.14	0.19	0.07	280
0.58	-0.11	-0.02	-0.46	291
0.93	0.32	-0.62	-0.56	294
0.48	0.08	0.45	0.11	296
0.06	0.16	-0.02	-0.04	3
0.48	0.55	0.41	0.2	30
0.119	0.51	-0.18	0.06	309
0.43	-0.32	0.02	-0.34	31
1.06	0.15	0.21	-0.83	314
0.26	-0.07	-0.2	-0.12	32
0.4	0.007	0.39	-0.07	320
0.35	-0.19	-0.35	-0.04	321
0.28	-0.08	0.23	0.12	322
0.96	0.38	-0.2	0.75	323
0.47	-0.19	-0.34	-0.26	326
0.16	-0.07	-0.15	-0.01	33
0.53	-0.06	0.09	0.42	330
0.54	0.32	0.33	0.34	34
0.17	-0.25	0.17	-0.001	36
0.78	-0.24	-0.45	0.51	370
0.76	-0.27	-0.76	0.05	44
0.71	-0.21	0.42	0.46	46
0.8	0.13	-0.75	0.23	47
1.01	0.25	0.29	-0.77	48
0.21	0.08	-0.12	-0.14	5
0.33	0.006	0.04	-0.26	54
0.3	0.59	0.22	0.16	58
0.28	-0.4	0.12	-0.2	60
0.62	0.16	0.12	0.49	67
0.56	-0.65	0.23	-0.41	82
0.09	0.16	0.09	-0.1	9
0.61	0.26	0.56	0.18	92
-	-0.55	2.14	1.07	کرمان (Kerman (E1))
-	1.93	0.02	-1.32	جوپار (Jopar (E2))
-	-0.01	0.44	-0.55	یزد (Yazd(E3))
-	-1.76	-1.01	-1.3	اردکان (Ardakan (E4))
-	0.4	-1.59	2.1	ماهان (Mahan(E5))

شکل (۲) بای پلات مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل را برای لاین‌ها و مکان‌ها نشان می‌دهد. لاین‌ها و مکان‌ها براساس مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم نقطه‌یابی شده‌اند. این بای پلات جمعاً ٥٦/٧ درصد اطلاعات مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه نمود. در این بای‌پلات هرچه لاین‌ها به مرکز نزدیک‌تر باشند، دارای اثر متقابل کم‌تر و از پایداری بیش‌تری برخوردارند بنابراین قابل توصیه برای اکثر مکان‌ها می‌باشند برمبنای این توضیح لاین‌های ۳، ۳۳، ۲۲، ۹، ۲۷۱، ۳٦، ۳۰۹، ۲۰۰، ۱۱٤، ۱۱، ۲٦٤، ۳۲۰، ۱۹٤، ۲۰، ۲۸۰، ۱، ۲٦، ۲٥۰، ۱۹، ۱۸، ۲٥، ۳۲۲، ٥، ۱٥۲، ۱٦۹، ۱٦۱ و ۳۲ براساس مدل AMMI2 لاین‌های پایدار معرفی شدند (شکل ۲). در آزمایشی که توسط آقایی سربرزه و همکاران (۲۰۱۲) انجام شد براساس نتایج حاصله با رسم بای پلات AMMI ژنوتیپ‌های شماره ۱۸(SEL.ETHIO.135.85) (MALMUK-1/LOTUS-5/F3LOCAL و ۲۰ (RASCON-21/3MQUE/ALO//FOJA با کمترین اثر متقابل به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (۱). گروهی از محققین در ارزیابی پایداری براساس روش چند متغیره امی بعد از رقم کویر، رقم C-82- 12 به‌عنوان لاین دارای پایداری عملکرد دانه بیشتر شناخته شد (١٦). همچنین این نمودار گویای اثر متقابل بالا برای همه محیط‌های آزمایش به‌جزء محیط یزد بود، به‌طوری که محیط‌های کرمان و جوپار اثر متقابل مثبت و محیط‌های ماهان و اردکان اثر متقابل منفی را اعمال کردند. کریمی‌زاده و همکاران (۲۰۱۱) براساس روش امی ژنوتیپ‌های شماره ١٤، ۲ و ٤ را با دارا بودن کمترین مقادیر اولین مؤلفه اصلی و همچنین میانگین عملکرد دانه بالاتر از میانگین کل به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها مشخص شدند (۱۱). محیط‌ها از نظر دو مؤلفه اصلی اثر متقابل، تنوع زیادی را نشان می‌دهند و به‌طور کلی مناطق از نظر اثر متقابل تظاهرهای متفاوتی را دارا بودند (جدول ٤).



شکل ۲- پراکنش لاین‌ها بر مبنای مقادیر IPCA1 و IPCA2

Figure 2. Scatter plot of lines based on IPCA1 and IPCA2 scores

همچنین می‌توان با مطالعه AMMI2 که از پلات کردن دو مؤلفه اصلی اول ایجاد می‌شود به‌منظور بررسی سازگاری خصوصی لاین‌ها و مکان‌های مورد آزمایش استفاده کرد. لاین‌های ۲۵۸، ۲۱۸، ۱۷٦، ٤۸، ۸۲ و ۳۱٤ برای مکان یزد و لاین ۲۲۵ برای مکان اردکان به‌عنوان لاین‌های برتر شناخته شدند. به‌عبارت دیگر این لاین‌ها بهترین پاسخ را در مکان‌های مذکور نشان داده و با این مکان‌ها سازگاری خصوصی دارند. تفسیرهای ارائه شده بر مبنای بای پلات‌های فوق به‌دلیل توجیه سهم‌های متفاوت هر بای پلات از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط اندکی متفاوت بود. این تفاوت در بای پلات ترسیم شده براساس IPC_2 به‌دلیل در بر داشتن سهم کم‌تر اثر متقابل توسط IPC_2 بیش‌تر بود.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی در مجموع می‌توان لاین‌های ۳، ۹ و ۲۲ را با توجه به مدل AMMI1، AMMI2 و پارامتر ارزش پایداری امی (ASV) به‌عنوان لاین‌های دارای پایداری عمومی معرفی کرد. از این‌رو لاین‌های امیدبخش شناسایی شده جهت مطالعات تکمیلی برای معرفی به زراعین توصیه می‌گردند. با این حال نمی‌توان یک روش تجزیه پایداری را برای تمام گیاهان زراعی و در تمام شرایط توصیه نمود و بهتر است از روش‌های گوناگون برای ارزیابی پایداری استفاد کرد.

منابع

1.Aghaie-Sarbarzeh, M., Dastfal, M., Farzadi, H., Andarzian, B., Shahbaz-Pourshahbazi, A., Bahari, M., and Rostami, H. 2012. Evaluation of Durum wheat genotypes for yield and yield stability in warm and dry areas of Iran. Seed Plant Improve. J. 28-1(2): 315-325. (In Persian)

2.Akcura, M., Kaya, Y., and Taner, S. 2005. Genotype-environment interaction and phenotypic stability analysis for grain yield of durum wheat in the centeral Anatolian region. Turk. J. Agric. Forest. 29: 369-375.

3.Albert, M.J.A. 2004. A comparison of statistical methods to describe genotype× environment interaction and yield stability in multi-location maize trials. M.Sc. Thesis. Department of Plant Sci. The University of the Free State, Bloemfontein.

4.Ebdob, J.S., and Guach, H.G. 2002. Addetive main effect and multiplicative interaction analysis of national turf grass performance trails. II Cultivar recommendations. Crop Sci. 42: 489-496.

5.Farshadfar, E. 1998. Application of Biometrical Genetics in Plant Breeding. Razi Univ. Kermanshah, Iran. (In Persian)

6.Gauch, H.G. 1992. Statistical Analysis of Regional Yield Trials: AMMI Analysis of Factorial Designs. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands, 256p.

7.Gauch, H.G., and Zobel, R.W. 1996. AMMI analyses of yield trials. In: Genotype-by-Environment Interaction, Kang, M.S., and Gauch, H.G. (Eds.). CRC. Boca Raton, Florida. Pp: 85-122.
8.Guach, H.G., and Zobel, R.W. 1997. Identifying mega environments and targeting genotypes. Crop Sci. 37: 311-326.
9.Gauch, H.G. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. Biometr. 44(3): 705-715.
10.Ílker, E., Geren, H., Ünsal, R., Sevim, Í., Aykut Tonk, F., and Tosun, M. 2011. AMMI-biplot analysis of yield performances of bread wheat cultivars grown at different locations. Turk. J. Field. Crop. 16(1): 64-68.
11.Karimizadeh, R., Mohammadi, M., Sheikh mamo, M., Bavi, V., Hosseinpour, T., Khanzadeh, H., Fojagh, H., and Armion, M. 2011. Application of cluster and ammi methods to determination of grain yield stability of durum wheat genotypes in Semi-warm dryland areas of Iran. Modern Gent. J. 6(2): 33-48. (In Persian)
12.Kaya, Y., Akcura, M.and Taner, S. 2006. CGE-Biplot analysis of multi environment yield trials in bread wheat. Bahari Dağdaş International Agricultural Research Institute. Turk. J. Agric. For. 30: 325-337.
13.Kempton, R.A. 1984. The use of biplots in interpretingvariety by environment interaction. J. Agric. Sci. 103(1): 123-135.
14.Löffler, C.M., Wei, J., Fast, T., Gogerty, J., Langton, S., Bergman, M., Merrill, B., and Cooper, M. 2005. Classification of maize environments using crop simulation and geographic information systems. Crop Sci. 45: 1708-1716.
15.Najafian, G., Kaffashi, A.K., and Jafar- Nezhad, A. 2010. Analysis of grain yield stability in hexaploid wheat genotype grown in temperate regions of Iran using additive main effects and multiplicative interaction. J. Agr. Sci. Tech. 12: 213-222.
16.Najafi Mirak, T. 2011. Study of grain yield stability of bread wheat genotypes in cold agro-climatic zone of Iran. Iranian J. Crop Sci. 13(2): 380-394. (In Persian)
17.Purchase, J.L. 1997. Parametric Analysis to Describe Genotype× environment Interaction and Yield stability in winter wheat. Ph.D. Thesis, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture of University of the Free State, Bloemfontein, South Africa.
18.Purchase, J.L., Hatting, H., and Vandeventer, C.S. 2000. Genotype× environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in south Africa: II. Stability analysis of yield performance. S. Afr. J. Plant Soil. 17(3): 101–107.
19.Van Eeuwijk, F.A. 1995. Multiplicative interaction in generalized linear models. Biometrics. 51(3): 1017-1031.
20.Yan, W., and Hunt, L.A. 2001. Interpretation of genotype × environment interaction for winter wheat yield in Ontario. Crop Sci. 41: 656-663.